INSERÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE VENTILAÇÃO NATURAL NO PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

ARAÚJO, CARLA VARELA DE ALBUQUERQUE. (1); CUNHA, LEONARDO JORGE BRASIL DE FREITAS. (2)

1. UFRN. Departamento de Arquitetura, Centro de Tecnologia
Caixa Postal 1524, Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP 59072-970. Natal/RN - Brasil
carlavarela_arq@yahoo.com.br

2. UFERSA. Superintendência de Infra-Estrutura
Av. Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva. CEP: 59.625-900. Mossoró-RN.
leonardo_cunha83@yahoo.com.br

Palavras-chave: processo projetual; ventilação natural; método simplificado.

Resumo

O processo de projeto arquitetônico tem caráter naturalmente subjetivo por agrupar muitos parâmetros de origens diversas, além de depender das peculiaridades dos projetistas. O estudo de metodologias projetuais integradas às estratégias bioclimáticas visa inserir princípios de bioclimatologia e eficiência energética nas fases adequadas de projeto. Com relação à ventilação natural, há várias ferramentas de análise com diferentes níveis de complexidade, que possibilitam a predição de seu comportamento. A partir da experiência no Grupo de Pesquisa Conforto Ambiental e Eficiência Energética/ UFRN, constatou-se que arquitetos e alunos de graduação são pouco adeptos à utilização de ferramentas de análise durante a projetação, principalmente aquelas de natureza analítica. O objetivo deste artigo é apresentar um método simplificado para integrar a ventilação natural às etapas do processo projetual, associando informações e ferramentas de análise da ventilação de acordo com o grau de aprofundamento desde as primeiras fases até o detalhamento do projeto arquitetônico.

1. INTRODUÇÃO

A subjetividade da projetação arquitetônica desfavorece o mapeamento do processo de projeto, normalmente pouco representativo das inúmeras alternativas possíveis. A dicotomia entre “ciência” e “criatividade”, assunto recorrente na área de projeto de arquitetura, desmotiva a pesquisa em projeto na medida em que considera a utilização da ciência como fator limitante para a inspiração artística do arquiteto.

Segundo Veloso e Elali (2002), a imposição de novas questões na projetação arquitetônica, que influenciam as decisões do arquiteto e o processo de concepção em geral, sugere discussões sobre as diversas áreas relacionadas ao projeto arquitetônico. O objetivo é inserir diretrizes específicas durante o processo projetual, tais como: normas, recomendações, regulamentações, legislações, dentre outros. Boudon (2000) reafirma esta questão ao reconhecer as “restrições” projetuais, afirmando, porém, que elas não podem determinar completamente o projeto. Da mesma forma que Mahfuz (1995) indica a importância da função como elemento que interfere na forma, guiando sua origem sem determiná-la de maneira fixa.

Neste contexto, a bioclimatologia e a eficiência energética configuram aspectos que vêm sendo incorporados ao projeto arquitetônico devido à necessidade da redução do impacto ambiental das edificações. A manutenção da qualidade do ar interno e a promoção do conforto térmico são dois itens pertinentes a um projeto que incorpora tais aspectos. A massa de ar no interior dos ambientes deve ser continuamente substituída por ar fresco e limpo de uma fonte externa para manter a concentração de contaminantes em níveis satisfatórios. A ausência da ventilação dificulta a dissipação de odores, fumaça, poluentes, vapores, gases e particulados, além de promover o surgimento de mofo. A ventilação natural também pode ser utilizada no resfriamento da massa edificada e/ou direcionada diretamente sobre os usuários com o objetivo de tornar os ambientes termicamente confortáveis. Portanto, a ventilação natural é a estratégia mais adequada para o resfriamento passivo dos edifícios e para a manutenção da qualidade do ar em edificações localizadas no clima quente e úmido.

As ferramentas de predição do comportamento da ventilação natural podem ser aplicadas nas diversas fases do processo projetual e, mesmo com algum grau de incerteza, subsidiam as decisões tomadas em prol do condicionamento passivo. Apesar da notória importância, tais ferramentas costumam ser ignoradas durante o desenvolvimento do projeto e o sucesso no uso da ventilação natural fica a cargo do acaso ou da experiência do projetista. Portanto, é possível potencializar o uso da ventilação natural na edificação associando a ferramenta mais adequada e ajustando-a de acordo com o grau de complexidade de cada fase do processo de projetação.

Este artigo propõe um método que relaciona a ferramenta de análise à etapa de projeto em desenvolvimento, apresentando a provável repercussão de sua aplicação no desempenho final da edificação. Esta associação evita que o projetista perca tempo com ferramentas demasiadamente complexas para resolver questões simples ou que tome decisões cruciais com base em critérios superficiais. O método aqui proposto não consiste em uma metodologia projetual, que por definição é mais abrangente e complexa, e sim em um método simplificado que integra as análises das informações de ventilação natural com as etapas pertinentes.

2. DADOS DE VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação natural pode ser classificada como unilateral, cruzada ou decorrente do efeito chaminé, sendo as duas primeiras resultado da incidência do vento sobre as fachadas, enquanto que a última refere-se ao fluxo de ar gerado pelo gradiente vertical de temperatura. O que diferencia a ventilação unilateral da cruzada é a quantidade de paredes limítrofes, em um mesmo ambiente, que comportam aberturas. No efeito chaminé, o fluxo ascensional ocorre devido à variação de densidade resultante do aquecimento do ar no interior da edificação e promove a renovação do ar através de aberturas para entrada e exaustão nas zonas próximas ao piso e a coberta, respectivamente. Todavia, em regiões de clima quente e úmido, onde a diferença de temperatura interna e externa não é expressiva, o fluxo de ar torna inexpressivo ou mesmo anulado pela pressão do vento sobre as abertura.

Conhecer o comportamento do vento é essencial na elaboração de um projeto de uma edificação ventilada naturalmente. Geralmente a primeira etapa consiste na coleta de informações sobre o vento, como sua velocidade e direção (CHEN, 2004), que podem ser obtidas em estações climatológicas de universidades, instituições públicas etc. Todavia, os dados climáticos nem sempre são acessíveis, seja por motivos de segurança ou da política institucional, ou são pouco confiáveis, o que ocorre quando o equipamento é utilizado e/ou operacionalizado de maneira inadequada.

Na ausência de dados representativos, os arquivos climáticos de referência e as medições *in loco* podem ser utilizados para caracterizar a ventilação de determinado sítio, sendo imprescindível considerar a interferência do entorno circundante, por exemplo, quanto maior o adensamento urbano, maior é a interferência, que pode ser estimada através de medições de campo, testes em túnel de vento ou, até mesmo, por equações que corrigem a velocidade em função das características do sítio. As medições permitem conhecer a situação real das variáveis climáticas no local, reduzindo as incertezas pertinentes aos métodos que tratam da correção dos dados climáticos provenientes de estações de referência.

3. PROCESSOS DE PROJETAÇÃO E PRINCÍPIOS DE BIOCLIMATOLOGIA

O processo projetual tem um caráter naturalmente subjetivo por depender das peculiaridades pessoais dos projetistas. Logo, qualquer tentativa de mapeamento acaba sendo desestimulada por ser pouco representativo das inúmeras alternativas possíveis. Segundo Mahfuz (1995) o processo projetual geralmente se inicia a partir de uma fase preliminar, na qual se analisa o problema e informações disponíveis. A interpretação das variáveis correlatas permite o desenvolvimento das fases posteriores, estabelecendo-se uma escala de prioridades a partir de uma hierarquia definida pelo arquiteto.

O método proposto por Olgyay (1963) para o projeto de residências, que lista os dados e ferramentas a serem utilizados de acordo com as metas estabelecidas, é um dos pioneiros com o objetivo de inserir princípios de bioclimatologia no decorrer do processo de projeto (Quadro 1). Outros pesquisadores, a exemplo de Szokolay (1984) e Pedrini (2003), procuraram aperfeiçoar esta integração, fazendo uso das etapas propostas pelos teóricos da área de projeto de arquitetura e inserindo as estratégias bioclimáticas nas fases adequadas.

Quadro 1: Síntese do método proposto por Olgyay

Metas e objetivos	Dados e ferramentas
Dados climáticos	Temperatura, umidade relativa, ventos dominantes e microclimas
Avaliação	Carta psicrométrica, definição de necessidades/estratégias, grau de importância dos elementos
Métodos de cálculo	Geometria solar, seleção do terreno, orientação, ventos dominantes e materiais
Resultados	Diagramas de máscara de sombra, rosa dos ventos, propriedade dos materiais
Exemplos arquitetônicos	Elementos arquitetônicos existentes (planta, forma e volumetria), soluções de ventilação, arranjos comparativos
Aplicação	Implantação, volumetria e layout, síntese comparativa que resulta numa arquitetura regional.

Correlacionando as Metas e Objetivos propostos por Olgyay com as etapas típicas do processo projetual é possível afirmar que o desempenho térmico da edificação na fase de pré-projeto envolve o estudo do clima, do terreno, do entorno, dos princípios e recomendações bioclimáticas, a busca de referências, a identificação de metas de desempenho e o uso de softwares mais gerais. A fase de esboço enfatiza o entendimento geral de fenômenos, sobretudo da geometria solar e da ventilação natural, com o seu impacto na forma da edificação. A fase de detalhamento é caracterizada pelo teste da solução e por busca de alternativas que contribuam para otimizar o desempenho. Para isso, são empregadas ferramentas, como programas de simulação computacionais mais completos. Ao final do processo, são realizadas as análises da proposta final (Figura 1).

O estudo de metodologias de projetação arquitetônica integradas às estratégias bioclimáticas evita que a concepção seja reduzida a um processo de resolução de problemas. Szokolay (1984) afirma que se as questões de energia não são tratadas logo nas primeiras fases de concepção, o projeto final será comprometido.
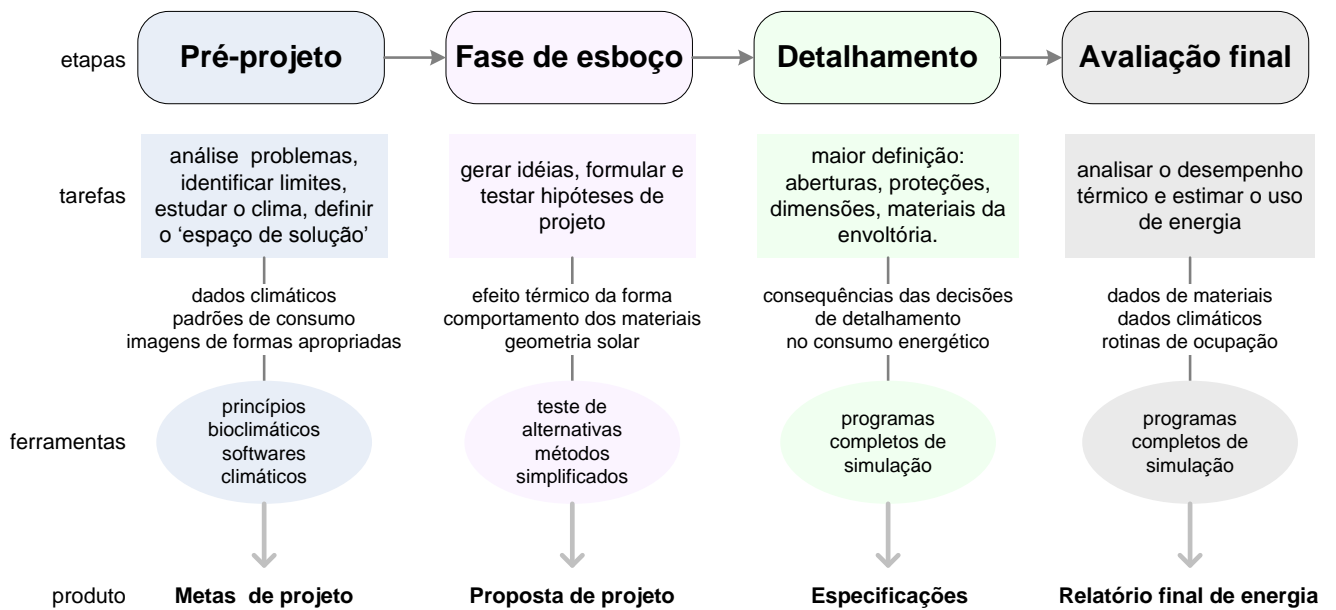
Figura 1: Eficiência energética no processo de projeto
Fonte: Elaborado a partir Szokolay (1984) *apud* (PEDRINI, 2003).

A convivência com os arquitetos atuantes no mercado e com os alunos concluintes do curso de graduação permite afirmar que a ventilação natural é corriqueiramente tratada de maneira estática e constante, enquanto que na realidade o vento apresenta grande variabilidade. Tanto os profissionais quanto os alunos preferem a representação do percurso do vento no entorno e no interior das edificações através de vetores, que sem a devida reflexão crítica podem diferir completamente do comportamento do vento real. Tal grau de pragmatismo decorre da necessidade de gerar soluções rápidas para os problemas projetuais.

Deste modo a prática profissional passa a simplificar demasiadamente os métodos de análise e síntese de dados. Os arquitetos alegam que não dispõem de tempo suficiente para a análise ou que há restrições financeiras, legais e de programa para a aplicação de métodos mais elaborados, limitando-se a repetir sistematicamente em seus projetos as recomendações básicas aprendidas no curso de graduação. Logo, o sucesso na utilização da ventilação natural fica dependente do conhecimento empírico do projetista ou até mesmo da situação privilegiada de cidades que dispõem de ventilação abundante.

A análise da ventilação natural, quando realizada de maneira supostamente mais elaborada, consiste nos seguintes procedimentos: considerar o terreno isolado do meio urbano; a orientação do Norte e a direção predominante do vento regional. Em seguida, o zoneamento do terreno é feito de acordo com a disponibilidade de vento, que determina a disposição dos ambientes de acordo com a finalidade (Figura 2).
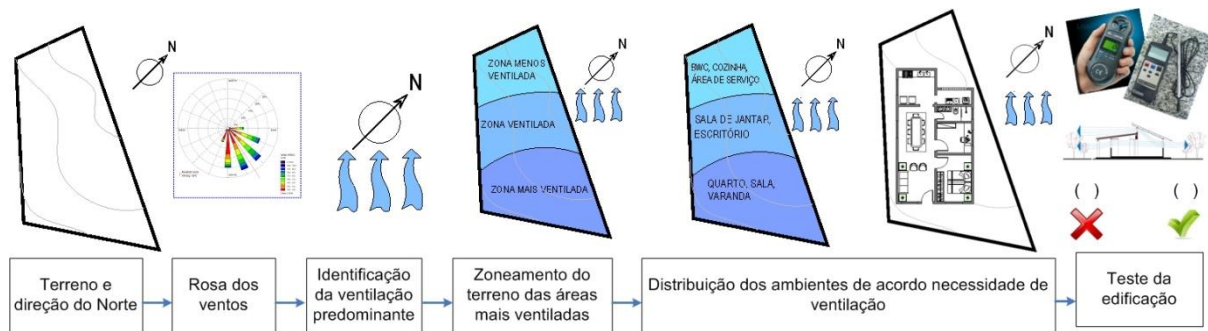
Figura 2: Síntese da prática usual para contemplação da ventilação natural no processo projetual Fonte: (CUNHA, 2010).

Esta análise é superficial e apresenta diversas limitações, tais como: desconsidera a interferência da malha urbana e do entorno imediato no terreno; emprega apenas a direção predominante e a avaliação do desempenho ocorre apenas no final do processo. Além disto, consiste num método específico para a ventilação natural, desconsiderando demais aspectos envolvidos na projetação. Na verdade, todas as áreas correlatas poderiam ser incorporadas ao processo de projeto, que por sua vez, não possui caráter tão linear quanto é retratado para seu mapeamento.

4. FERRAMENTAS DE PREDIÇÃO

As quatro ferramentas de análise da ventilação natural de uma edificação mais recorrentes na bibliografia são, em ordem crescente de complexidade: os modelos algébricos, os modelos empíricos, as medições in loco e as simulações em CFD.

Os modelos algébricos, mais tradicionais, são amplamente utilizados em virtude do embasamento teórico do fenômeno físico e da baixa necessidade de recursos computacionais. Porém, tais modelos tendem a apresentar um grau de incerteza considerável, por isso, são mais indicados para os casos de baixa complexidade e com o objetivo de estimar a ordem de grandeza das variáveis.

Os modelos empíricos baseiam-se em experimentos, em medições ou em simulações para estimar os coeficientes presentes nas equações dos modelos algébricos. Desta maneira, os modelos empíricos funcionam bem para os casos específicos dos quais são resultantes, porém, apresentam aplicabilidade reduzida. Mesmo com as limitações pertinentes, os modelos empíricos são comumente adotados por manuais técnicos, pois representam economia de tempo e de custo, com razoável grau de precisão.

Os experimentos em túneis de vento com modelos em escala reduzida apresentam resultados fiéis à realidade, principalmente quando as forças ascensionais geradas pelo gradiente térmico são insignificantes. Quando há fenômenos térmicos envolvidos, os testes em túnel de vento tendem a se tornar inapropriados, tendo em vista que a redução de escala interfere significativamente nas trocas térmicas.

As medições in loco ou em laboratório, com modelos em escala real, são utilizadas na aferição do desempenho da ventilação e apresentam resultados mais precisos em relação aos obtidos com modelos em escala reduzida. Tais medições tornam-se imprescindíveis quando a variabilidade climática precisa ser considerada. Todavia, o controle das características do fluido é praticamente impossível nas medições in loco. Por isso é necessário a realização de medições em dias e horários distintos, para que os dados não resultem de condições climáticas adversas. A confecção de modelos em escala real implica em um custo elevando e a confiabilidade os dados medidos depende da qualidade do equipamento de medição utilizado, da manutenção e da experiência do operador.

A dinâmica computacional de fluidos, mais conhecida pela sigla em inglês CFD, pode ser utilizada para a análise da qualidade do ar, da ventilação natural e artificial, dos sistemas de exaustão e dos riscos de incêndio. Há diversos softwares comerciais de CFD, dentre os quais três deles se destacam pela frequência de citações na bibliografia sobre o tema, são eles: o PHOENICS, o TAS Ambiens (EDSL, 2001) e o ANSYS CF-x. O PHOENICS (CHAM, 2005) e o ANSYS CF-x (ANSYS, 2006) são softwares abrangentes que se propõem a resolver qualquer problema que envolva a dinâmica de fluidos (Figura 3). Contudo a utilização deles pelos pesquisadores do LabCon/ UFRN mostrou que ambos carecem de operadores especialistas em mecânica dos fluidos, apresentam dificuldade na determinação da malha e de convergência e exigiram um elevado grau de simplificação da geometria modelada.

(a) (b) (c)
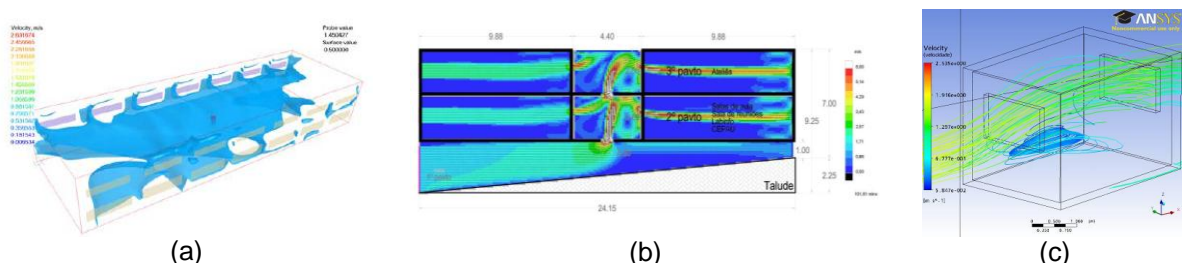
Figura 3: Resultados de simulações: (a) PHOENICS, (b) TAS e (c) ANSYS - CFx
Fonte: (TRINDADE, et al., 2007); (ARAÚJO, et al., 2008); (CUNHA, 2010), respectivamente.

5. PROPOSTA DE MÉTODO

A pesquisa sobre metodologias de projetação associadas com diretrizes específicas, com ênfase em bioclimatologia e eficiência energética, possibilitou a elaboração de uma proposta que associa recomendações e ferramentas para potencializar o uso da ventilação natural com o grau de aprofundamento das etapas do processo projetual. O objetivo é mostrar que os propósitos de cada etapa podem ser atingidos, desde que se apliquem instrumentos compatíveis durante o desenvolvimento do projeto (Figura 4).

Nesta proposta, a associação entre fases e diretrizes se inicia numa escala macro, representada pelo meio urbano, e segue em direção à escala micro, que corresponde aos ambientes da

edificação. A primeira fase do processo trata do programa de necessidades, onde são conhecidos o terreno e sua localização no meio urbano. O foco desta etapa inicial recai sobre o vento regional e local com o objetivo de caracterizar o comportamento da ventilação, identificar as interferências do entorno, as zonas a barlavento, a sotavento e os períodos de calmaria. Para tanto, sugere-se o uso da rosa dos ventos, dos dados climáticos, de medições no local e, em casos específicos, a simulação computacional do vento local.

Em seguida, a fase de esboço abrange a forma e a orientação da edificação, cuja interação com as variáveis climáticas é determinante para a distribuição de pressão sobre as fachadas. A orientação e a forma podem ser ajustadas com base no coeficiente de pressão, obtido através de tabelas, gráficos, equações simplificadas ou até mesmo da simulação computacional. O correto dimensionamento e orientação dos elementos de fachada podem favorecer a diferença de pressão sobre as aberturas, estimulando a ventilação nos ambientes.

A fase de detalhamento do projeto é o momento ideal para descriminar as dimensões, a posição e o tipo de esquadria responsável pela renovação do ar interno. O cálculo de vazão de ar e a simulação computacional, baseados na disponibilidade de vento local, podem ser utilizados para dimensionar aberturas compatíveis com as necessidades de uso e ocupação do ambiente. Esta é certamente uma alternativa mais racional àquela de adotar a área mínima de abertura contida no Código de Obra, que nem sempre são suficientes para proporcionar ventilação adequada.

Considerando a dinâmica dos ventos, é interessante a adoção de esquadrias que permitam o controle da vazão de ar e o direcionamento do fluxo para as diferentes porções do ambiente, conforme as atividades desenvolvidas e o layout interno. As esquadrias convencionais normalmente não dispõem destes mecanismos de controle, limitando-se aos de abertura. Todavia, tais mecanismos só são eficazes quando os usuários têm interesse e disposição para operá-los, ajustando as condições ambientais internas de acordo com suas necessidades e a variabilidade climática. A interação do usuário com a edificação, prevista nos modelos adaptativos, é indispensável para satisfazer as necessidades de conforto em ambientes condicionados passivamente.

A última etapa do processo consiste na avaliação final do projeto para averiguar se os quesitos necessários para prover ventilação adequada foram atendidos. A verificação pode ser realizada através de um check-list, de um ensaio em túnel de vento ou por meio da simulação computacional. A avaliação final pode ser voluntária, com o objetivo de divulgar o desempenho da edificação, ou ser obrigatória quando a legislação exige a classificação de acordo com os selos de desempenho.
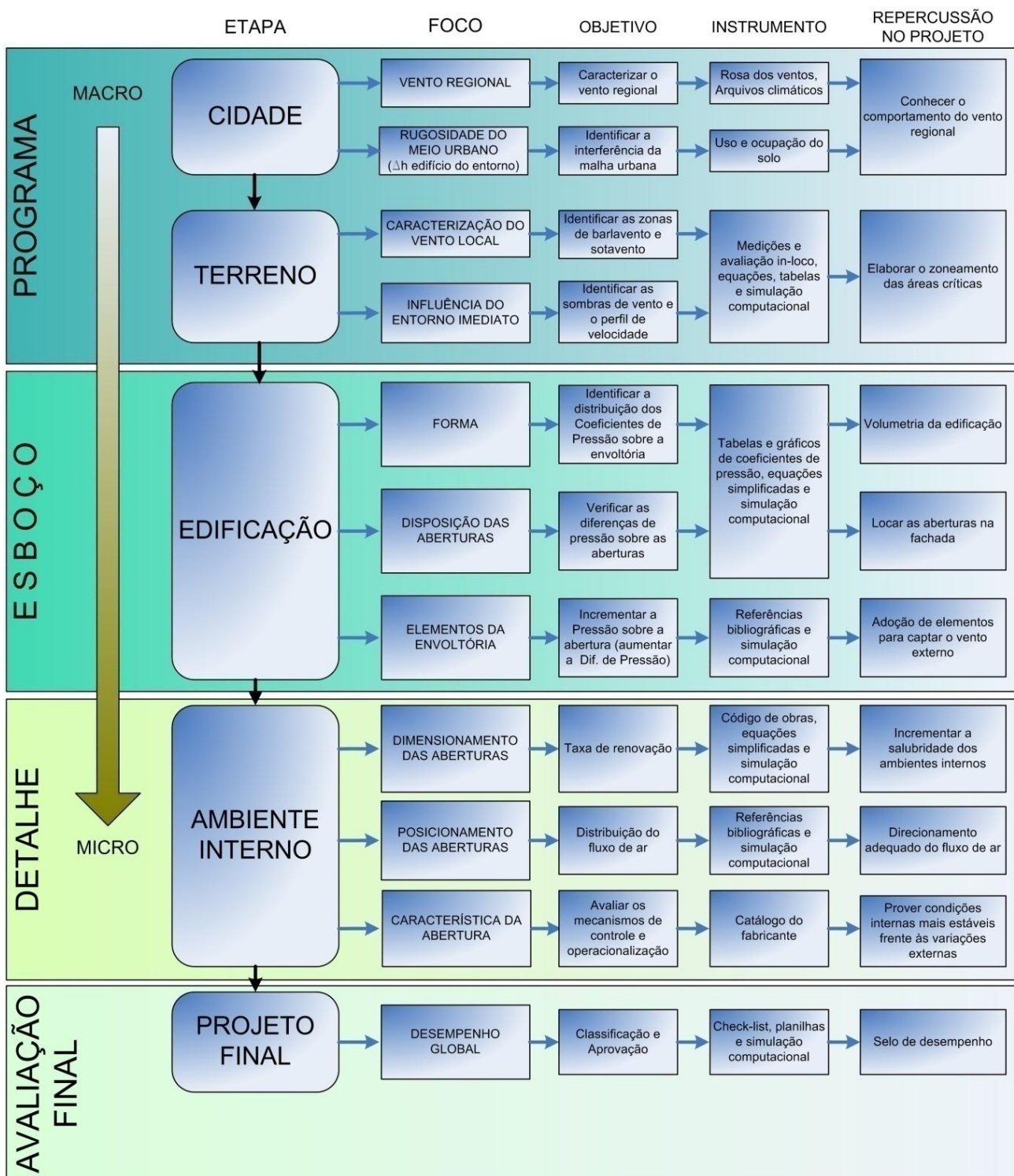
Figura 4: Proposta de integração da ventilação ao processo projetual
Fonte: (CUNHA, 2010).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A observação de trabalhos acadêmicos e projetos arquitetônicos demonstram a dificuldade em associar teoria e prática quando se trata de incorporar os princípios bioclimáticos ao processo projetual. Tratando especificamente da ventilação natural, percebe-se que os projetistas tendem a se valer de artifícios que limitam as possibilidades de atuação e, supostamente, facilitam a tomada

de decisões. O processo projetual é então reduzido a um processo de resolução de problemas e atendimento às normas técnicas e legais, que aparentemente ausentam o autor de sua responsabilidade enquanto projetista. A acomodação neste método de trabalho resulta na exaustiva repetição de formas e elementos arquitetônicos ao longo de vários projetos, culminando no desgaste estético perante o público e a crítica especializada.

A boa intenção em contemplar a ventilação natural no projeto não é suficiente para garantir o seu sucesso. É necessário, também, o conhecimento das múltiplas formas de se abordar o problema e a perspicácia em optar pela maneira mais adequada à etapa do projeto. A análise crítica dos dados disponíveis é imprescindível para minimizar conclusões equivocadas na tomada de decisões. É importante que fique claro que não é necessário utilizar todas as ferramentas para propor edificações adequadas: a quantidade depende da complexidade formal da edificação, do entorno e das especificidades climáticas. Além disto, ferramentas que condensam muita informação exigem atenção redobrada para que não seja dada demasiada preferência para alguma das variáveis em detrimento das demais.

O uso de programas de simulação computacional durante o desenvolvimento do projeto pode ajudar na seleção das estratégias arquitetônicas com maior probabilidade de sucesso, bem como avaliar o impacto das decisões tomadas por outros motivos no desempenho da ventilação natural. Todavia, os custos de aquisição, o aprendizado, a operação, a seleção das variáveis baseada nos conceitos de mecânica dos fluidos e o tempo de simulação inviabilizam a difusão do CFD nos escritórios de arquitetura, principalmente os de pequeno e médio porte. Contudo, acredita-se que a contínua melhoria na interface, o desenvolvimento de novas plataformas e a redução dos custos favorecerão a disseminação da simulação como ferramenta de análise da ventilação aplicável à prática projetual.

Por fim é importante salientar que a aplicação das ferramentas deve ser estimulada principalmente nas primeiras fases do processo projetual, pois é na fase de esboço onde as estratégias bioclimáticas são concebidas e ajustadas, e onde a seleção de alternativas adequadas tem maior peso no desempenho final. A possibilidade de testar modelos simplificados referentes aos esboços desenvolvidos em programas de simulação computacional permite quantificar o benefício das alternativas possíveis, dando argumentos consistentes ao projetista para investir nos elementos com maior repercussão no resultado final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSYS. *Ansys cfx release 11.0 tutorial*. [S.l.]: ANSYS CFX, 2006.

ARAÚJO, Carla Varela de Albuquerque, et al. *Influência de condicionantes ambientais no projeto de um edifício de ensino de Arquitetura e Urbanismo localizado em clima quente e úmido*. In: ENCONTRO

NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 12., 2008, Fortaleza. *Anais* ... Fortaleza, 2008. p. 1-10.

BOUDON, P; et al. *Enseigner la Conception Architecturale* – Cours d'Architecturologie. Paris: Éditions de la Villlette, 2000.

CHAM. *Phoenics* London, 2005.

CHEN, Qingyan Yan. Ventilation performance prediction for buildings: A method overview and recent applications. *Building and Environment*. p. 1-11, 2008.

CUNHA, Leonardo Jorge Brasil de Freitas. *Análise de métodos para aplicação de ventilação natural para projeto de edificações em Natal-RN*. 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

EDSL. *Developers of Tas*. 2001. Disponível em: <http://ourworld.compuserve.com/homepages/edsl/>. Acesso em: jul., 2010.

KHAN, Naghman et al. A review on wind driven ventilation techniques. *Energy and Buildings*, v. 40, p.1586-1604, febr. 2008.

KLEIVEN, Tommy. *Natural ventilation in buildings*: architectural concepts, consequences and possibilities. 305 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Architecture)- Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2003.

MAHFUZ, E. *Ensaio sobre a razão compositiva*. Belo Horizonte: UFV/AP Cultural, 1995.

OLGYAY, V. *Design with climate*: bioclimatic approach to architectural regionalism: Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1963. 190 p.

PEDRINI, Aldomar. *Integration of low energy strategies to the early stages of design process of office buildings in warm climate*. 2003. 300 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Architecture)- University of Queensland, Brisbane, 2003.

SZOKOLAY, Steven V. Energetics in Design. In: INTERNATIONAL PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE CONFERENCE (PLEA), 3., 1984, Mexico. *Proceedings* … Mexico: Pergamon Press, 1984. p. 1000-1006.

TRINDADE, Sileno Cirne, et al. *Representatividade das condições de contorno para simulações da ventilação natural em CFD*. IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC - ELACAC). Ouro Preto. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO ENCAC - ELACAC). 2007, Ouro Preto. *Anais*... Ouro Preto, 2007. p. 1877 - 1886.

VELOSO, M. e ELALI, G. *Há lugar para o projeto de arquitetura nos estudos de Pós-Graduação?* Infomativo Vitruvius. Arquitextos. Texto Especial n. 117, jan/2002. Disponível em <www.vitruvius.com.br/arqtextos/arq000/bases/texto117.asp>.